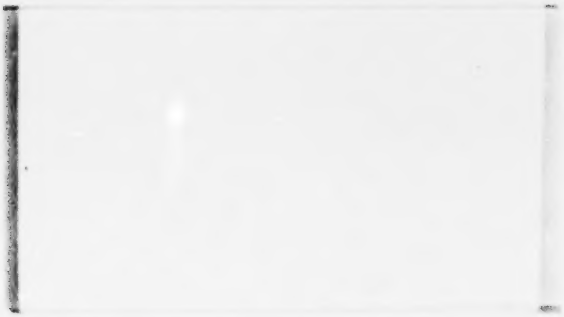
Public Works Canada
Travaux publics Canada

Solar Programs Office
Bureau des programmes solaires



PROCEDURE FOR THE COMMISSIONING OF AIR PREHEAT SOLAR HEATING SYSTEMS

OCTOBER 1984

Information, additional copies

Solar Programs Office
Public Works Canada
Sir Charles Tupper Building
Riverside Drive
Ottawa K1A 0M2

(613) 998-9817

This working document is not a departmental publication. Do not cite as a reference or catalogue in a library.

PREAMBLE

The procedure outlined in this document is intended for use in the commissioning of solar air preheat systems.* This procedure is intended as a guideline. Due to the design of a specific system, not all tests will be applicable, and hence some judgement must be exercised in assessing the commissioning requirements of each system.

The document is intended for systems which draw cold outside air through a collector array and feed this air directly into the building's makeup air system. Air is heated in a single pass through the collectors.

The procedure is divided into a number of discrete tests, although the completion of some tests requires the results from previous tests. During the normal installation assessment by the contractor, some of the tests outlined in this procedure may have already been completed. These tests need not be repeated if the test results are available and the commissioning agent is satisfied as to their validity.

The commissioning procedure assumes that a complete solar heating system exists in a ready-to-operate state and the insulation of the ducting is complete.

To simplify the recording and reporting procedure, a commissiong checklist is included as Appendix A. This form provides the necessary blanks in which to record readings.

Some specific instrumentation and test points are required to carry out the various procedures. These are detailed in Appendix B.

* Although the procedures detailed here are specific to air preheat systems, they are also generally applicable to air circulating solar systems. The major difference is the lack of a procedure for checking leakage rates from the collector array and the system ducting.

Procedures for measuring volume flow rates in ducts are outlined in Appendix C.

Although not normally considered part of commissioning, recommendations for the performance monitoring of an air preheat system are detailed in Appendix D.

INDEX

1.0 System Inspection

2.0 Motor and Fan Test

3.0 Verification of System Flow Rates

4.0 System Balancing

5.0 Verification of Control System Operation

6.0 Verification of Backdraft Damper Performance

7.0 Thermal Performance Check

Appendix A

Appendix B

Appendix C

Appendix D

1.0 SYSTEM INSPECTION

An inspection of the system is undertaken to ensure that the system is complete and that all system components have been properly installed in accordance with the system designer's and manufacturer's specifications.

Preparation

- obtain a copy of the design specifications, design drawings and shop drawings;
- obtain copies of the manufacturer's specifications for all major components in the system (collectors, fans, controllers, dampers).

Collectors

- verify that the number and type of collectors specified in the shop drawings have been installed;
- verify that the collectors have been installed in accordance with the designer's and manufacturer's recommendations;
- check the security of all fasteners including those holding the collectors to the support structure, and those used in assembly of the support structure;
- verify that flashings are firmly supported;
- ensure that there is an isolating gasket between any aluminum collectors and a steel frame.

Ducting

- verify that all ducts, dampers and fittings have been located and installed as specified;

- verify that the fan is physically connected in the proper flow direction;

- verify that there are sufficient duct supports.

Insulation

- verify that the levels of insulation are as specified;

- verify that all insulation is:

  - securely fastened,
  - appropriately weatherproofed and protected from physical abuse,
  - protected from ultra-violet degradation (if applicable);

- verify that any seams on the exterior ducting insulation point downward to prevent moisture penetration.

Electrical

- verify that temperature sensors are firmly supported and protected from physical damage;

- ensure that all sensor wiring is protected from physical damage;

- verify that controls are located such that accidental adjustment is not possible;

- verify that all wiring, both 110 volt and control wiring, is installed according to local electrical codes.

Instrumentation Test Points

- ensure that all instrumentation test points required for carrying out the test procedures have been installed. The locations of these test points are outlined in Appendix B of this document.

2.0 MOTOR AND FAN TEST

Preparations - Motor

- all motors should be checked for proper direction of rotation;
- verify that the motor is fully wired, protected, and ready to operate.

Preparations - Fan

- verify that all dampers are in the position required for normal system operation;

Direction of Rotation

- with the motor running, observe the fan to verify that it is running in the proper direction;
- if the fan is running backwards, connect the wires in the correct phase sequence.

Motor - Amperage

- with the motor operating, measure the current and voltage:

	Measured	Name-Plate
current	_____amps	_____amps
voltage	_____volts	_____volts

- the current should not exceed eighty percent of the name-plate rating.

3.0 VERIFICATION OF SYSTEM FLOW RATES

The initial flow rate check is carried out with all balancing dampers in the fully open position.

Procedure

- using a suitable anemometer, inserted in the ducting prior to the fan, measure the air velocity in the duct with the fan in operation and calculate the air flow rate. Refer to Appendix C for the proper method of traversing ducts in order to arrive at an accurate flow rate.

  Calculated flow rate _____L/min.

This calculated value should correspond to the system designer's specifications.

4.0 SYSTEM BALANCING

The balancing of the system is carried out to ensure that equal flow exists in each collector of the system. As with the initial flow rate check, all balancing dampers should be in the fully open position.

Balancing can be undertaken based on actual flow rates or on air temperatures. If flow measurements are taken, proper traversing of each duct is required at each location in order to arrive at a proper flow rate. This technique is detailed in Appendix C.

If balancing is carried out based on temperatures, a minimum temperature rise through the solar system of $10^{o}C$ must exist for readings to be meaningful.

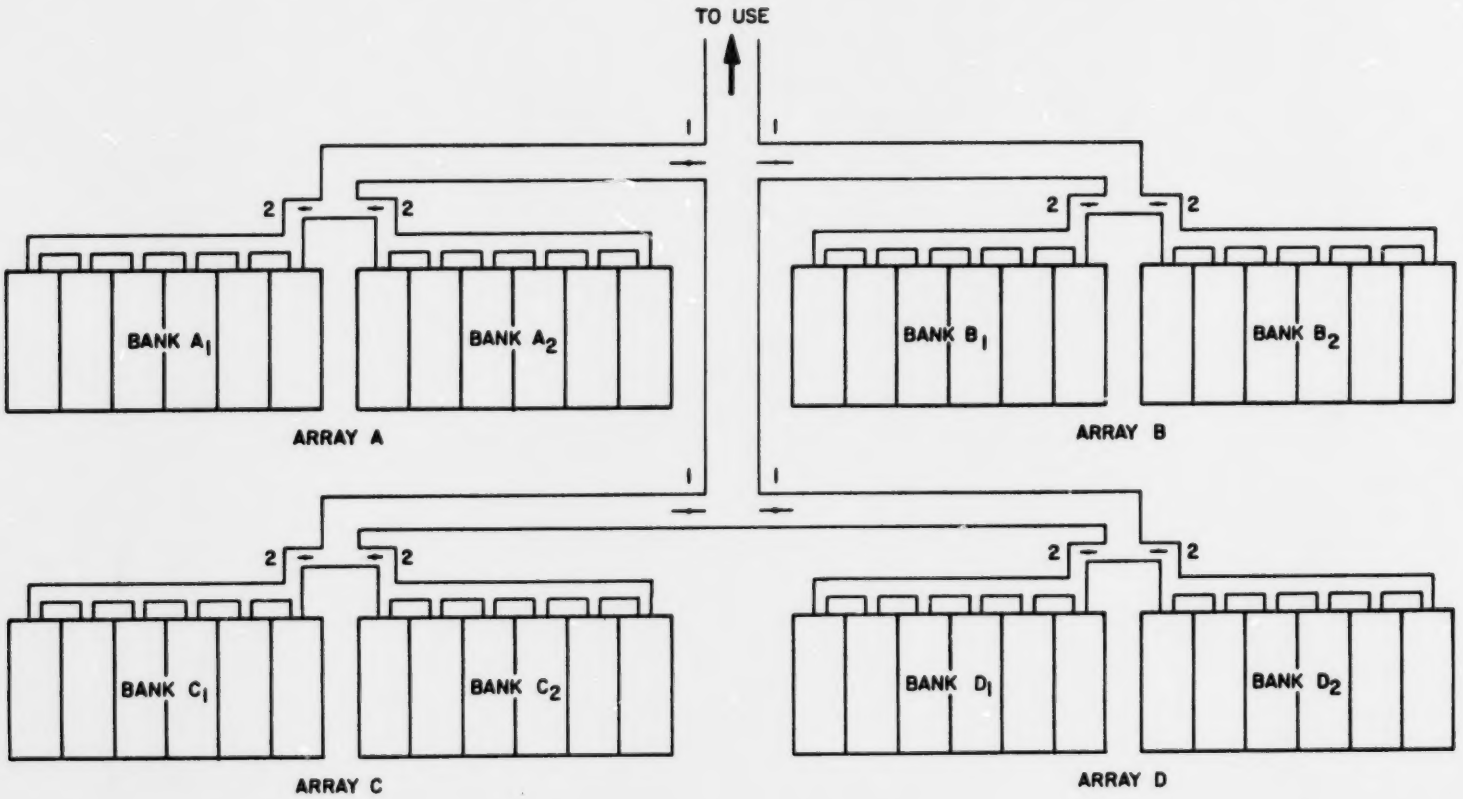
Throughout the document the balancing of the system is discussed in terms of flow rates. The procedure for balancing based on temperatures would be the same except, where a flow rate is indicated, the actual reading would be a temperature rise measured between the inlet air to the collectors and the temperature at the sampling point.

The procedure to be followed in setting the balancing dampers will depend on the configuration of the collector field. A relatively complex system is shown in Figure 4.1. This system contains forty eight collectors arranged into groupings of six to create eight banks and two banks are grouped together to create an array.

Balancing procedures for a simpler system would be the same as a portion of the illustrated system. For example, if the system had only one array the balancing procedure would begin at step two and exclude step five.

Throughout the balancing procedure, it is important to ensure that flows are throttled by dampers to the minimum extent possible in order to keep system pressure drops as low as possible.

Figure 4.1 Schematic of a Relatively Complex Air Preheat Solar System



Procedure

one - check the overall flow rate from each array. In Figure 4.1 this would involve checking flows at the positions marked 1.

If the highest and lowest flow rates at these points are within 25 percent, leave the dampers fully open.

If the highest and lowest flow rates are not within 25 percent, close the dampers on the high flow rate branches until all branches are within 25 percent.

two - check the flow rate from each bank. In Figure 4.1 this would involve checking flows at the positions marked 2.

If the highest and lowest flow rates at these points are within 25 percent, leave the dampers fully open.

If the highest and lowest flow rates are not within 25 percent, close the dampers on the high flow rate branches until all branches are within 25 percent.

three - check the surface temperature of each collector within each bank to ensure that each collector is working properly.

The face-surface temperature of each collector should be consistant across the bank of collectors. An obviously hotter collector could be an indication of a blocked or partially blocked collector or duct. Before proceeding to the following step this problem must be rectified.

four - repeat step two if adjustments were made as a result of step three.

five - repeat step one as a final check and to make any required adjustments due to adjustments made as a result of steps two to four.

5.0 VERIFICATION OF CONTROL SYSTEM OPERATION

The control system is checked to ensure that it is operating properly.

The control system for an air preheat system is, in most cases, relatively simple. Outside air is drawn through the solar collector array if the outside air requires heating before entering the building. If heating is not desired, the outside air is drawn through a bypass duct. A sketch showing this portion of the system layout is included as Figure 5.1.

Procedure

- determine the designer's set point for the operation of the bypass damper;

- adjust the controller to its minimum temperature. If this temperatur is below the outside air temperature the damper should be in the bypass position;

- slowly increase the set temperature until the damper changes position to draw air through the collector array. Record the set temperature of the controller and the air temperature at the sensing point:

  Controller set temperature _____ °C

  Air temperature _____ °C

- increase the set temperature of the controller to its maximum and then slowly decrease the set temperature until the damper moves to the bypass position. Record the set temperature of the controller and the air temperature at the sensing point:

  Controller set temperature _____ °C

  Air temperature _____ °C

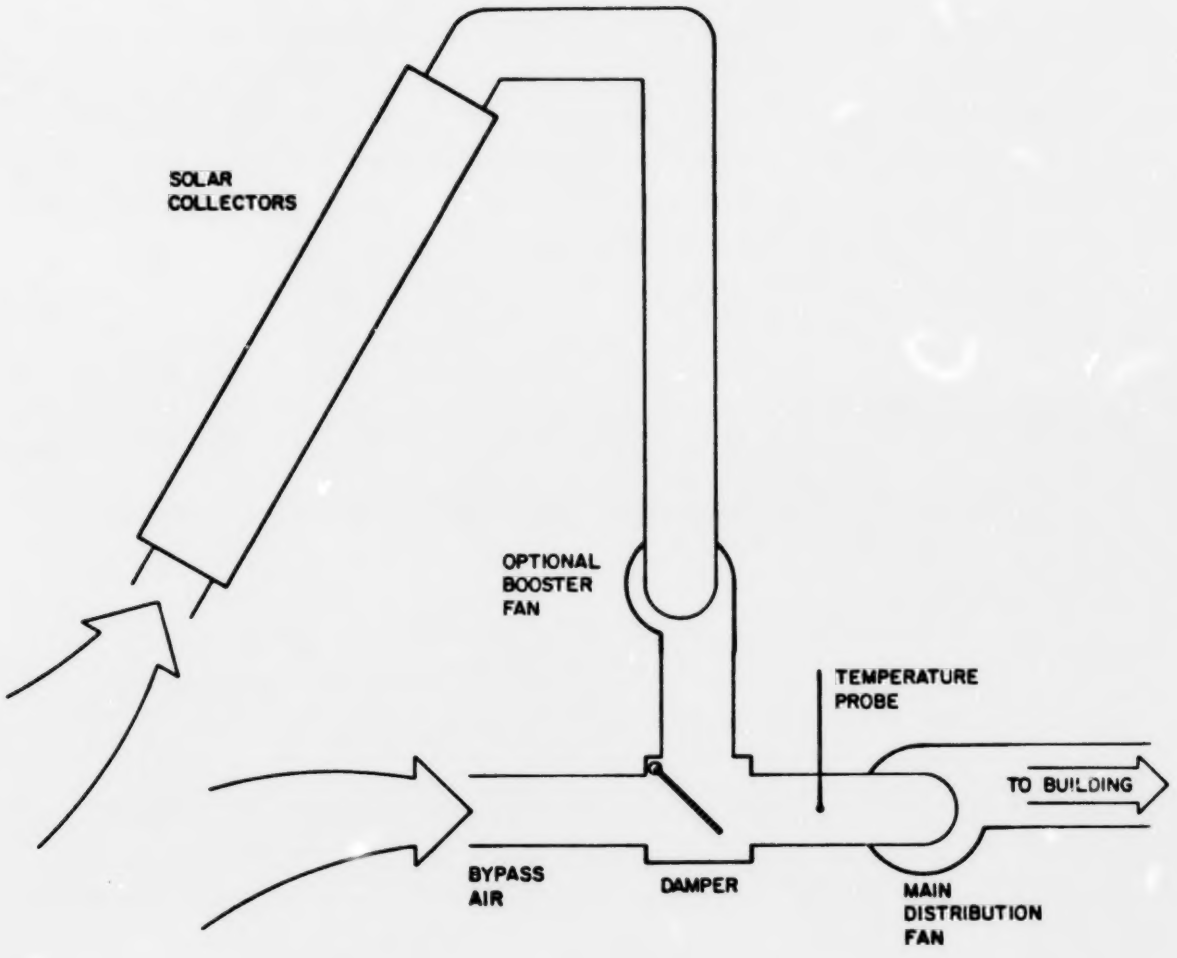


Figure 5.1 Air Intake Options for a Solar Air Preheat System

- any discrepancy between the set temperature of the controller and the corresponding air temperature indicate an offset in the controller for which compensation must be made.

The difference between the first air temperature recorded and the second air temperature recorded should be between $1^{o}C$ and $3^{o}C$.

After completing the test, return the controller to the design set temperature.

6.0 VERIFICATION OF BACKDRAFT DAMPER PERFORMANCE

Under conditions of large indoor to outdoor temperature differences, poor backdraft damper sealing can result in the thermosyphoning of warm indoor air out of the building through the collector array. This can occur when the system fan is not operating at night. The damper may be either a non-motorized gravity damper or a motorized damper.

Procedure

- this test procedure must be carried out with:
  - outside air temperatures at least 15°C colder than inside air temperatures,
  - the collector and the outside ducting at outside ambient air temperature (the best time is just before sunrise);
- insert temperature probes in the duct from the collector array adjacent to the wall or roof penetration as shown in Figure 6.1.

Duct Temperature T_1 _____ °C

Duct Temperature T_2 _____ °C

Duct Temperature T_3 _____ °C

Ambient Temperature T_A _____ °C

Interior Temperature T_B _____ °C

- plot the recorded temperatures on the graph included in Appendix A, and compare the results with the curves shown in Figure 6.2.

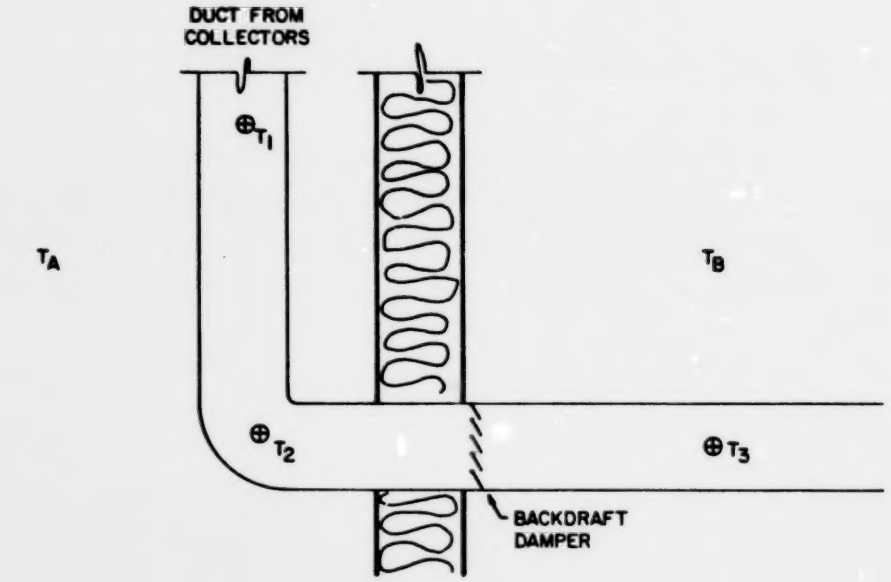


Figure 6.1 Location of Temperature Probes for Backdraft Damper Performance Test

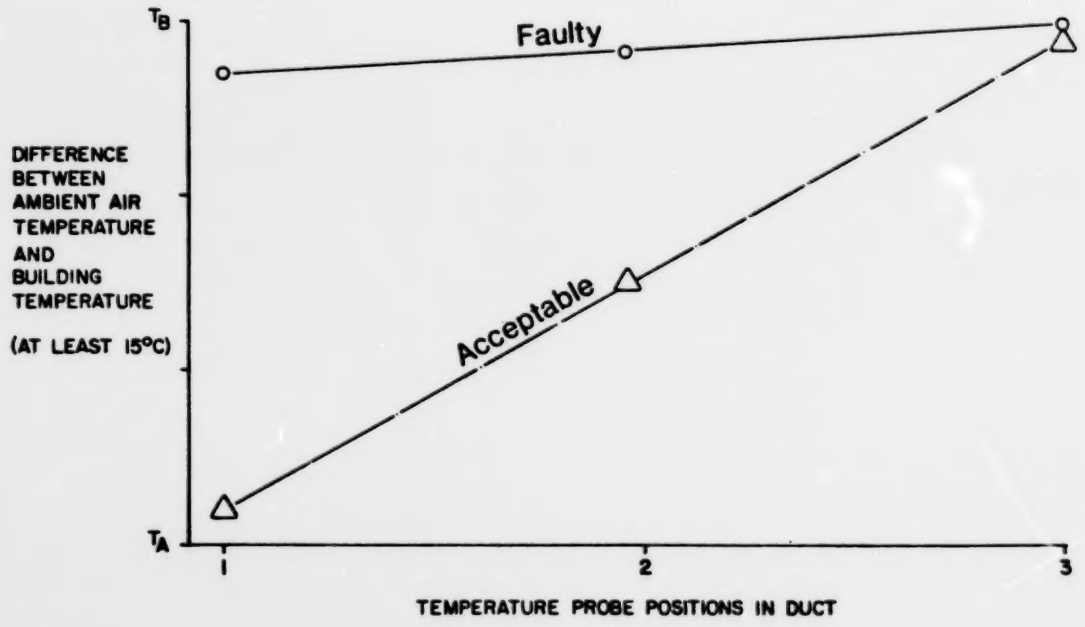


Figure 6.2 Chart Illustrating Temperatures Observed for a Faulty and an Acceptable Backdraft Damper Performance

7.0 THERMAL PERFORMANCE CHECK

The preliminary thermal performance test is undertaken in order to assess the operation of the solar system as a whole, and to compare the results with the performance that should be expected based on the collector manufacturer's claimed performance.

Perform the thermal performance test on a sunny day between 11:00 a.m. and 1:00 p.m. The storage temperature must be well below the maximum.

- Record the following measurements:

$T_{C(out)}$	- collector outlet temperature	_____ ^{o}C
$T_{C(in)}$	- collector inlet temperature (outside ambient air temp.)	_____ ^{o}C
F_S	- system flow rate	_____ L/min
I	- solar insolation	_____ W/m^{2*}

*The solar insolation should be measured using a hand held pyranometer. Measure the insolation during the test period. Hold the pyranometer against the surface of the collector when taking measurements.

Local weather stations may be able to supply current solar insolation levels.

- calculate the temperature rise across the collector:

$T = T_{C(out)} - T_{C(in)} =$ _____ ^{o}C

- determine the heat gain:

$$Q = \frac{F_S \times \rho \times T \times c_p}{60} = \_\_\_\_\_ W$$

where: ρ is the density in kg/L,
(ρ for air at 20°C is 1.204×10^{-3} kg/L)
c_p is the specific heat in J/kg°C,
(c_p of air is 1012 J/kg°C)
the units of the equation are:

$$\frac{L}{min} \times \frac{kg}{L} \times \frac{min}{s} \times {}^{o}C \times \frac{J}{kg\ {}^{o}C} \times \frac{W}{J/s}$$

- determine the heat gain per unit of collector area:

$q = Q/A$

$= \_\_\_\_\_ W/m^2$

- the efficiency is then:

$\frac{q}{I} \times 100 = \_\_\_\_\_ \%$

- determine the manufacturer's claimed efficiency, for the given conditions, where:

(a) All collectors have independent outside air inlets:

$$\text{Operating point} = \frac{T_{C(in)} - T_A}{I}$$

(b) The collectors are in a series or series-parallel arrangement:

$$\text{Operating point} = \frac{T_{reference} - T_A}{I}$$

where:

$$T_{reference} = \left(\frac{(N - 1)}{2N} (T_{C(out)} - T_{C(in)})\right) + T_{C(in)}$$

where N = number of collectors in series

- read the efficiency from the manufacturer's performance curve for this operating point.

Since the measured efficiency includes duct losses, it can be expected to be slightly lower than the claimed efficiency for the collectors alone. However, the measured efficiency should not be more than twenty percent lower than the predicted value.

APPENDIX A

Air Preheat System Commissioning Checklist

1.0 System Inspection

- ☐ collector type and number
- ☐ collector installation procedure
- ☐ security of fastenings
- ☐ flashing
- ☐ isolating gaskets
- ☐ damper installations
- ☐ fan flow direction
- ☐ duct supports
- ☐ insulation thickness
- ☐ insulation protection
- ☐ insulation jacket seams
- ☐ sensor installation
- ☐ sensor wiring installation
- ☐ protection of controls
- ☐ conformance of wiring to codes
- ☐ location of test points

2.0 Motor and Fan Test

☐ direction of rotation

Fan motor current _____ Amps

Fan motor voltage _____ Volts

3.0 Verification of System Flow Rates

System flow rate _____ L/min

Design flow rate _____ L/min

4.0 System Balancing

step one

branch 1 2 3 4

Flow or ΔT prior to adjustment ____ ____ ____ ____ % diff* ____

Flow or ΔT after adjustment ____ ____ ____ ____ % diff* ____

step two

sub-branch 1 2 3 4 5 6 7 8

Flow or ΔT prior to adjustment ____ ____ ____ ____ ____ ____ ____ ____ % diff* ____

Flow or ΔT after adjustment ____ ____ ____ ____ ____ ____ ____ ____ % diff* ____

step three

☐ all collectors OK

step four

branch 1 2 3 4

Flow or ΔT prior to adjustment ____ ____ ____ ____ % diff* ____

Flow or ΔT after adjustment ____ ____ ____ ____ % diff* ____

step five

sub-branch 1 2 3 4 5 6 7 8

Flow or ΔT prior to adjustment ____ ____ ____ ____ ____ ____ ____ ____ % diff* ____

Flow or ΔT after adjustment ____ ____ ____ ____ ____ ____ ____ ____ % diff* ____

* $\%\ \text{diff} = \frac{\text{highest reading - lowest reading}}{\text{highest reading}} \times 100$

5.0 Verification of Control System Operation

☐ increasing set point:

Controller set temperature _____ °C

Air temperature _____ °C

☐ decreasing set point:

Controller set temperature _____ °C

Air temperature _____ °C

6.0 Verification of Backdraft Damper Performance

Duct Temperature T_1 _____ °C

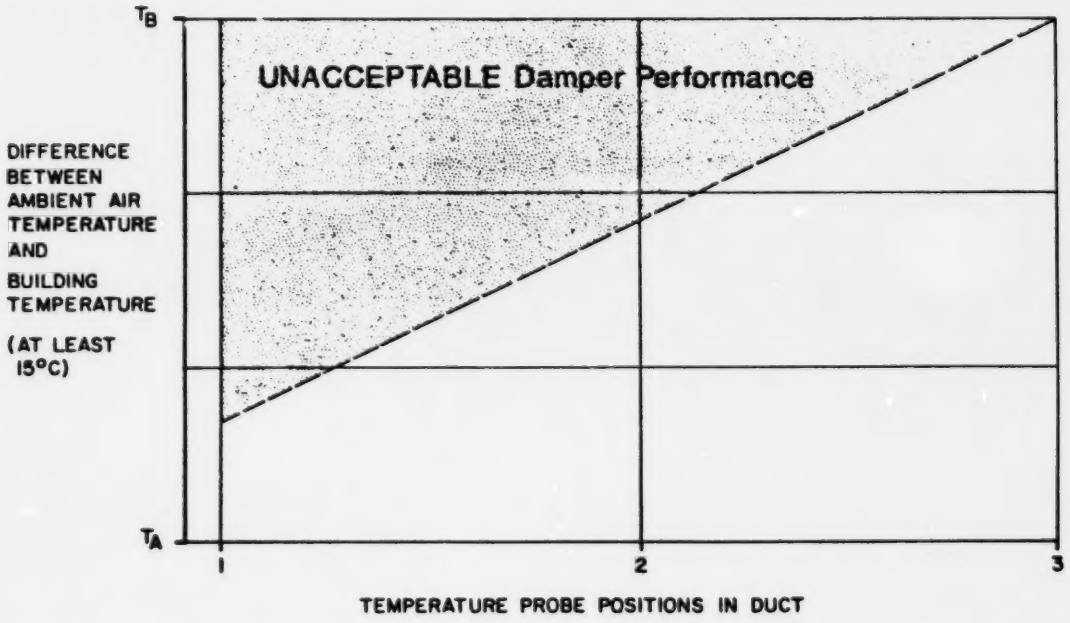
Duct Temperature T_2 _____ °C

Duct Temperature T_3 _____ °C

Ambient Temperature T_A _____ °C

Interior Temperature T_B _____ °C

☐ plot temperatures on graph:



7.0 Thermal Performance Summary

$T_{C(out)}$:	collector outlet temperature	_____ °C
$T_{C(in)}$:	collector inlet temperature (outside ambient air temp.)	_____ °C
F_S:	system flow rate	_____ L/min
I:	solar insolation	_____ W/m^2
T:	$T_{C(out)} - T_{C(in)}$	_____ °C
Q:	$\frac{F_S \times \rho \times T \times c_p}{60}$	_____ W
q:	Q/A	_____ W/m^2
efficiency:	q/I x 100	_____ %
manufacturer's claimed efficiency:		_____ %

APPENDIX B

Instrumentation and Test Points Required to Carry Out Commissioning Procedures

Temperature and flow measurements will be made by inserting temperature probes through standard one inch diameter test ports.

Duct test ports for inserting probes will be required at the following locations:

- at the inlet and outlet of each fan,
- at the inlets and outlets of each heat storage device,
- at the outlet of each bank of collectors.

The following instrumentation will be required:

- one accurate digital temperature reading device with a probe suitable for insertion into a standard one inch test port in the ducting;
- a device suitable for measuring air flow rates in ducts which can be inserted into a standard one inch duct port.

Also required are the manufacturer's and designer's information on components used in the system. This information includes:

- complete installation drawings and specifications,
- collector specifications with thermal performance curves,
- fan characteristic curves.

APPENDIX C

Correct Technique for Determining Flow Rates in Ducts

This appendix explains the technique required for determining air flow rates in ducts.

Because the velocity of air in a duct varies across the cross section of a duct, a number of measurements must be taken to determine the average velocity and then the flow rate. The technique used for determining the average velocity in the duct is to divide the cross section of the duct into a number of equal areas and measure the air velocity in each. The number of areas required will depend on the overall area of the duct cross section.

For most accurate results, the measurements should be taken at a distance downstream from the closest disturbance, such as a tee or elbow, of at least eight times the maximum dimension of the ducting.

Figure C1 shows the points for measuring velocities in typical rectangular and circular duct sections.

Velocities are best measured using a hot wire anemometer or pitot tube inserted through small holes in the side of the ducting. If permanent sampling ports are not available in the ducting, holes may be drilled and sealed with duct tape after use.

The duct flow rate is calculated by multiplying the average of the measured velocities by the cross sectional area of the duct.

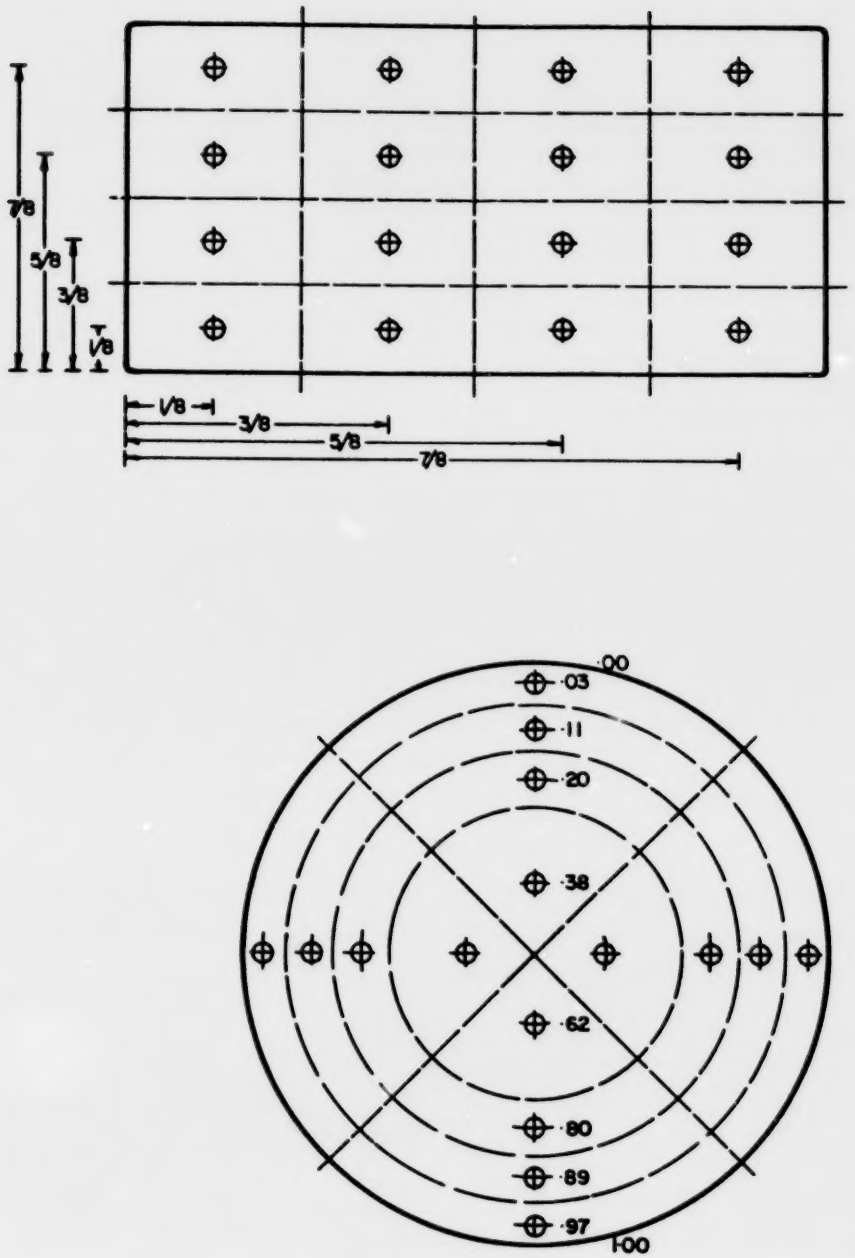


Figure C1 Points for Measuring Velocities in Rectangular and Circular Duct Sections

APPENDIX D

Performance Monitoring of an Air Preheat System

The procedure outlined in this appendix will allow the continuous measurement of the performance of a solar air preheat system. It involves using readily available monitoring equipment designed for measuring energy qualtities in liquid systems.

Energy metering systems require two temperature sensors and a flow measuring device. The flow measuring device usually outputs a pulse after a certain quantity of liquid has passed, for example after each one litre, ten litres or one hundred litres. The integrating device in the energy metering system integrates the temperature difference between the two temperature probes with the flow rate and multiplies by an appropriate constant to determine the energy flow.

For solar air preheat systems with a constant flow rate through the collector system, when the system is in operation an artifical pulse train can be used. In this case, the pulse producing device would be activated whenever the fan was in operation.

For use in an air system, an energy metering system designed for water must have a different pulse rate because of the differnce in the densities, and specific heats of air and water.

To calculate the required pulse rate for an air system, the following values are used:

Density of water: 1 kg/L
Density of air: 1.2×10^{-3} kg/L

Specific heat of water: 4180 J/kg^{o}C
Specific heat of air: 1012 J/kg^{o}C

Based on these values the required pulse rate for an air system is:

The pulse rate for the liquid system divided by 3426.

Example

Assume:

Duct flow rate of 1000 L/sec
Valmet 5EV-001-10 heat integrator

The heat meter specificed here would expect a pulse for every 1 litre of water in a water system.

For proper reading of the energy meter, the integrator would require one pulse for every 3,426 litres of air, or one pulse every 3.43 seconds.

Travaux publics Canada
Public Works Canada

Bureau des programmes solaires
Solar Programs Office

Public Works Canada | Travaux publics Canada

MÉTHODE DE MISE EN SERVICE DES SYSTÈMES SOLAIRES DE PRÉCHAUFFAGE D'AIR

OCTOBRE 1984

Pour renseignements et exemplaires supplémentaires:

Bureau des programmes solaires
Travaux publics Canada
Immeuble Sir Charles Tupper
Promenade Riverside
Ottawa K1A 0M2

(613) 998-9817

Le présent document de travail n'est pas une publication du ministère. Bibliothécaires, ne pas citer comme ouvrage de référence ou de catalogue.

Canada

INTRODUCTION

La méthode exposée dans le présent document est une méthode de mise en service des systèmes solaires de préchauffage d'air*. Cette méthode est indicatrice. Ce ne sont pas tous les essais qui peuvent être appliqués à tous les systèmes, en raison des particularités de chacun; il faut donc faire preuve de jugement dans l'exécution des contrôles de la mise en service d'un système donné.

La méthode est prévue pour des systèmes qui aspirent de l'air froid de l'extérieur par le biais d'un réseau de capteurs et qui injectent cet air directement dans l'installation de renouvellement d'air d'appoint du bâtiment. L'air est chauffé par un passage unique dans les capteurs.

La méthode compte un certain nombre d'essais distincts, bien que l'exécution de certains essais nécessite les résultats d'essais antérieurs. En contrôlant son installation, l'entrepreneur peut avoir effectué des essais prescrits dans cette méthode. Il est inutile de reprendre ces essais si on en connaît les résultats et si l'agent de mise en service est convaincu de leur validité.

---

* Bien qu'elle soit propre aux systèmes de préchauffage d'air, la méthode présentée peut aussi s'appliquer aux systèmes solaires à circulation d'air. Dans ces derniers cas, la principale lacune est l'absence d'une méthode de vérification des débits de fuite du réseau de capteurs et du gainage.

Il est par ailleurs supposé que le système solaire est en état de fonctionnement et que tout le gainage a été isolé.

Par souci de simplification de la consignation des résultats et du compte rendu de la mise en service, une liste de contrôle apparaît à l'Annexe A. Cette liste comporte tous les blancs nécessaires dans lesquels peuvent être consignés les résultats.

Des appareils et des points de mesure précis sont nécessaires à l'exécution des divers essais. Ces appareils et points de mesure sont précisés à l'Annexe B.

L'Annexe C précise la méthode de mesure du débit de l'air dans le gainage.

Enfin, il est présenté à l'Annexe D des recommandations relatives au contrôle de la performance d'un système de préchauffage d'air, bien que cela ne soit normalement pas partie intégrante de la mise en service.

TABLE DES MATIÈRES

1.0	Inspection des systèmes	1
2.0	Essai du moteur et du ventilateur	4
3.0	Vérification du débit d'air	6
4.0	Équilibrage du système	7
5.0	Vérification du circuit de régulation	12
6.0	Vérification du registre d'antirefoulement	16
7.0	Contrôle du rendement thermique	19
Annexe A		23
Annexe B		30
Annexe C		32
Annexe D		35

1.0 INSPECTION DU SYSTÈME

L'inspection du système a pour but de garantir que le système est entier et que tous ses éléments ont été bien montés conformément aux spécifications du concepteur et du fabricant.

Préparation

- obtenir les caractéristiques de conception, les dessins de conception et les dessins d'atelier;

- obtenir les caractéristiques du fabricant de tous les grands éléments du système (capteurs, ventilateurs, régulateurs et registres).

Capteurs

- vérifier que le nombre voulu de capteurs du type précisé dans les dessins d'atelier ont été installés;

- vérifier que les capteurs ont été montés conformément aux recommandations du concepteur et du fabricant;

- vérifier que tous les dispositifs de fixation sont bien en place, incluant ceux qui fixent les capteurs à la structure portante et ceux qui solidarisent la structure portante même;

- vérifier que tous les solins sont solidement supportés;

- vérifier qu'un joint isolant est en place entre tout capteur d'aluminium et tout cadre d'acier.

Gainage

- vérifier que toutes les gaines, tous les registres et toutes les ferrures sont montés comme il est spécifié aux bons endroits;

- vérifier que le ventilateur est monté pour bien produire l'écoulement d'air dans le sens voulu;

- vérifier que les gaines sont retenues par un nombre suffisant de supports.

Isolation

- vérifier que la quantité spécifiée d'isolant a été posée;

- vérifier que tout l'isolant est:

    - solidement retenu,
    - bien protégé contre les intempéries et les contraintes physiques,
    - bien protégé contre la dégradation par les ultraviolets (le cas échéant);

- vérifier que tous les joints isolants du gainage extérieur pointent vers le bas, afin de prévenir les pénétrations d'eau.

Électricité

- vérifier que les capteurs de température sont solidement fixés et protégés des contraintes physiques;

- vérifier que tout le câblage des capteurs est protégé des contraintes physiques;

- vérifier que les commandes sont situées à un endroit tel que leur dérèglage accidentel est impossible;

- vérifier que tout le câblage, c'est-à-dire le câblage d'alimentation de 110 volts et le câblage de régulation, est posé conformément aux spécifications des codes locaux de l'électricité.

Points de mesure

- vérifier que tous les points de mesure nécessaires à l'exécution des essais ont été installés. Les emplacements où doivent être installés ces points de mesure sont précisés à l'Annexe B du présent document.

2.0 ESSAI DU MOTEUR ET DU VENTILATEUR

Préparatifs - Moteur

- vérifier le sens de rotation de tous les moteurs;

- vérifier que les moteurs sont bien câblés, qu'ils sont protégés et prêts à fonctionner.

Préparatifs - Ventilateur

- vérifier que tous les registres sont dans la position voulue de fonctionnement normal du système.

Sens de rotation

- le moteur étant en marche, vérifier le sens de rotation du ventilateur;

- si le ventilateur tourne en sens inverse, refaire le câblage pour rétablir l'ordre des phases.

Moteur - Intensité du courant

- le moteur étant en marche, mesurer l'intensité du courant et la tension :

	Valeur mesurée	Plaque signalétique
intensité	_____ ampères	_____ ampères
tension	_____ volts	_____ volts

- l'intensité du courant ne doit pas dépasser 80 % de l'intensité nominale indiquée sur la plaque signalétique.

3.0 VÉRIFICATION DU DÉBIT D'AIR

La vérification initiale du débit d'air doit se faire quand tous les registres d'équilibrage sont entièrement ouverts.

Méthode

- introduire un anémomètre dans la gaine en amont du ventilateur, mesurer la vitesse de l'air dans la gaine après avoir mis le ventilateur en marche et calculer le débit d'air. La méthode détaillée d'exécution des mesures permettant de déterminer le débit d'air dans une gaine est exposée à l'Annexe C.

  Débit calculé _____L/min.

La valeur calculée ci-dessus doit correspondre à la spécification de conception.

4.0 ÉQUILIBRAGE DU SYSTÈME

L'équilibrage du système a pour but de garantir que le débit d'air est le même dans chacun des capteurs du système. Tout comme pour la vérification initiale du débit d'air, tous les registres d'équilibrage doivent être entièrement ouverts.

L'équilibrage peut être réalisé à partir des mesures des débits d'air ou des températures de l'air. Si on procède par mesures des débits d'air, il faut, pour déterminer le débit d'air pertinent, prendre des mesures de la vitesse de l'air à divers points de la section transversale de chacune des gaines. La méthode détaillée pour ce faire est exposée à l'Annexe C.

Si on procède à partir de mesures de température, il y a lieu de noter que l'augmentation minimale de température dans le système solaire doit être de 10 °C pour que les mesures soient conséquentes.

La méthode d'équilibrage exposée dans le présent document se fait à partir de mesures de débit. La méthode d'équilibrage à partir de mesures de température est la même; il y a tout simplement lieu de remplacer les débits par les augmentations de température mesurées entre l'admission d'air des capteurs et le point de mesure.

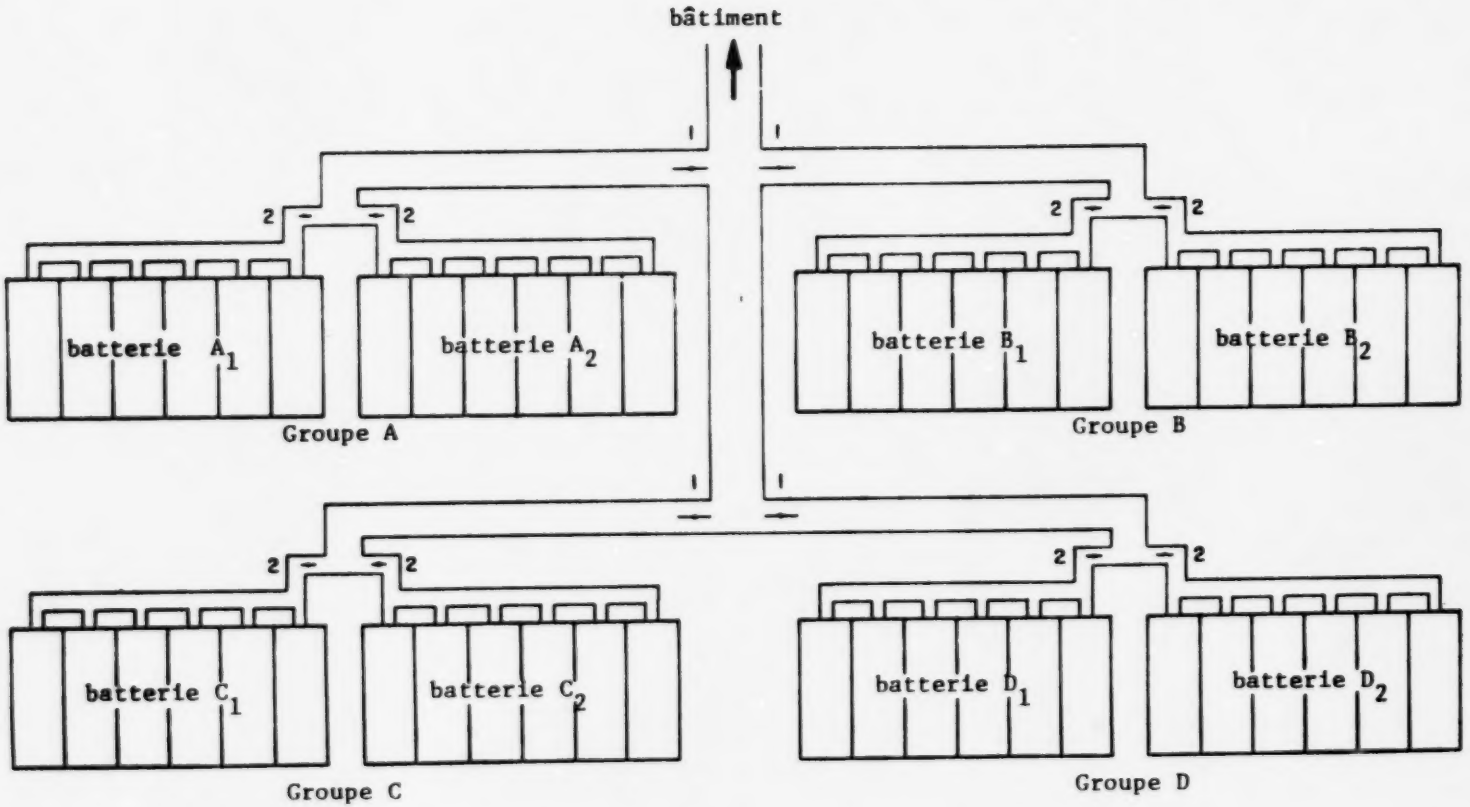
La méthode de réglage des registres d'équilibrage à suivre dépend de la configuration du réseau de capteurs. La Figure 4.1 schématise un réseau de capteurs relativement complexe. Ce réseau compte

quarante-huit capteurs formant huit batteries de six capteurs; deux batteries réunies ensemble forment un groupe.

La méthode d'équilibrage d'un réseau plus simple est la même que pour une portion du réseau montré. Ainsi, si le réseau considéré ne compte qu'un seul groupe, la méthode d'équilibrage commence à l'étape deux et exclut l'étape cinq.

Dans la mise en oeuvre de la méthode d'équilibrage, il importe de s'assurer que les registres restreignent le moins possible les écoulements afin de réduire au minimum les pertes de pression dans le système.

Figure 4.1 Schéma d'un système solaire de préchauffage d'air relativement complexe



Méthode

un - contrôler le débit global de l'air en provenance de chacun des groupes. Sur la Figure 4.1, ce contrôle se fait aux emplacements repérés par le chiffre 1.

Si l'écart entre le débit le plus élevé et le débit le moins élevé est inférieur à 25 pour cent, laisser les registres entièrement ouverts.

Si ce n'est pas le cas, fermer les registres des branches dont les débits sont élevés pour ramener l'écart à moins de 25 pour cent.

deux - contrôler le débit de l'air en provenance de chacune des batteries. Sur la Figure 4.1, ce contrôle se fait aux emplacements repérés par le chiffre 2.

Si l'écart entre le débit le plus élevé et le débit le moins élevé est inférieur à 25 pour cent, laisser les registres entièrement ouverts.

Si ce n'est pas le cas, fermer les registres des branches dont les débits sont élevés pour ramener l'écart à moins de 25 pour cent.

trois - contrôler la température de surface de chacun des capteurs de chacune des batteries afin de vérifier que chacun fonctionne bien.

La température de surface de chacun des capteurs devrait être identique dans une même batterie. La surchauffe manifeste d'un capteur pourrait indiquer que celui-ci ou sa gaine est totalement ou partiellement bouché. Le problème doit être corrigé avant de passer à l'étape suivante.

quatre - reprendre l'étape deux si des réglages ont été faits à la troisième étape.

cinq - reprendre l'étape un à titre de contrôle final; faire les réglages voulus par suite des réglages faits aux étapes deux à quatre.

5.0 VÉRIFICATION DU CIRCUIT DE RÉGULATION

Il s'agit ici d'une vérification de bon fonctionnement.

Le circuit de régulation d'un système de préchauffage d'air est, dans la plupart des cas, relativement simple. De l'air extérieur est aspiré à travers le réseau de capteurs solaires quand il est nécessaire que l'air extérieur soit préchauffé avant d'être introduit dans l'immeuble. Si ce n'est pas le cas, l'air extérieur est aspiré au moyen d'une gaine de dérivation. Un schéma montrant cette partie du circuit est donné à la Figure 5.1.

Méthode

- déterminer le point de consigne de conception d'actionnement du registre de dérivation;

- régler le régulateur à sa température minimale. Quand cette température est inférieure à la température de l'air extérieur, le registre doit se placer sur sa position de dérivation;

- augmenter lentement la température de consigne jusqu'à ce que le registre change de position et aspire de l'air à travers le réseau de capteurs. Consigner la température de consigne du régulateur et la température de l'air au point de mesure :

Température de consigne du régulateur _____ °C

Température de l'air _____ °C

- porter la température de consigne du régulateur à son maximum puis l'abaisser lentement jusqu'à ce que le registre se place sur sa position de dérivation. Consigner la température de consigne du régulateur et la température de l'air au point de mesure :

Température de consigne du régulateur _____ °C

Température de l'air _____ °C

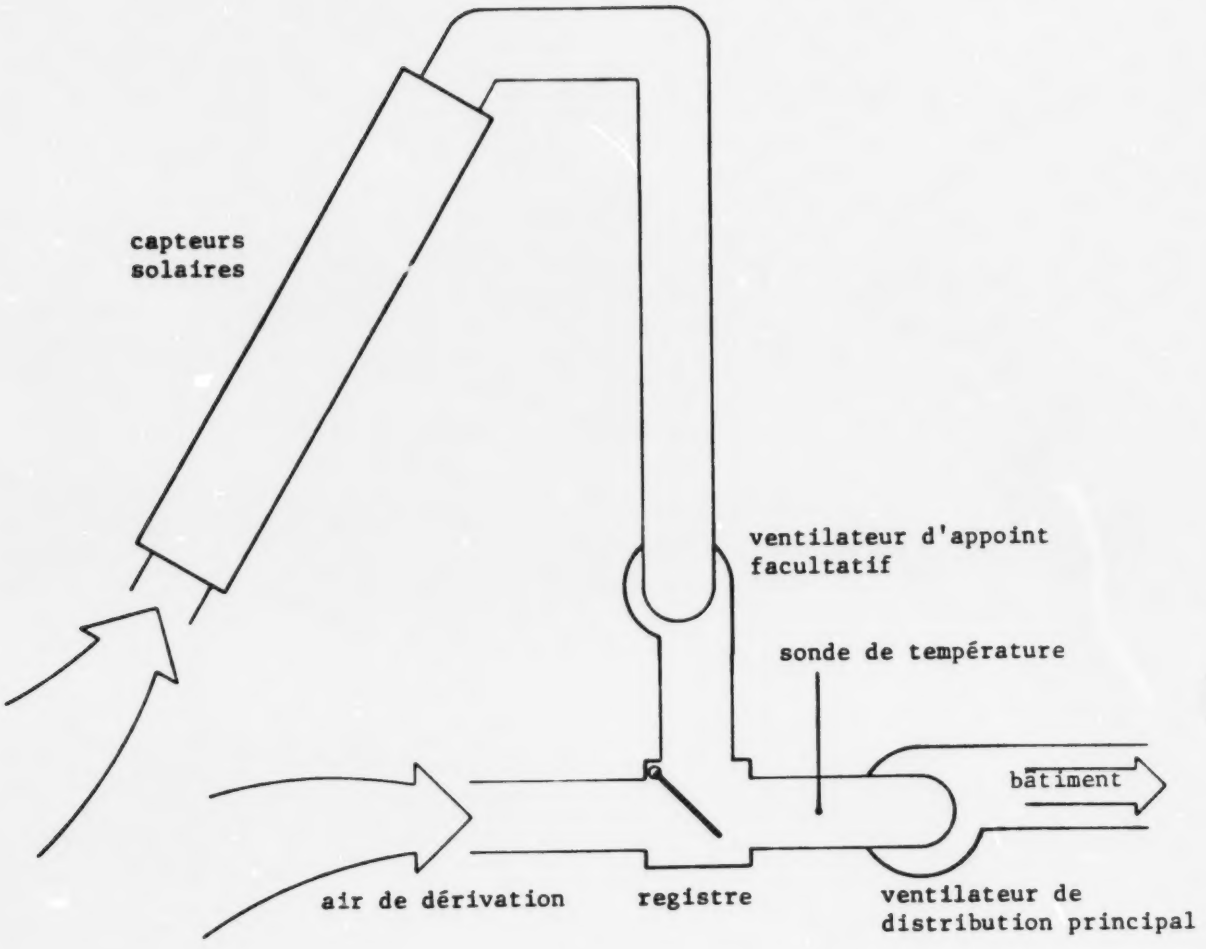


Figure 5.1 Deux circuits possibles de prise d'air d'un système solaire de préchauffage d'air

- tout écart entre la température de consigne du régulateur et la tempéraure correspondante de l'air indique la présence d'un décalage dans le régulateur qui doit être compensée.

L'écart entre la première température de l'air consignée et la deuxième doit se situer entre 1 °C et 3 °C.

Une fois l'essai terminé, régler le régulateur à sa température de consigne de conception.

6.0 VÉRIFICATION DU REGISTRE D'ANTIREFOULEMENT

Quand l'écart entre la température intérieure et la température extérieure est grand, la mauvaise étanchéité du registre d'antirefoulement peu provoquer le thermosiphonnage de l'air chaud intérieur vers l'extérieur de l'immeuble par le biais du réseau de capteurs. Cela peut se produire lorsque le ventilateur du système est arrêté, la nuit. Ce registre d'antirefoulement peut être actionné par moteur ou encore être de type gravitaire.

Méthode

- L'essai doit être exécuté dans les conditions suivantes :

  - la température de l'air extérieur est d'au moins 15 ^{o}C plus froide que celle de l'air intérieur;

  - le capteur et le gainage d'extérieur sont à la température ambiante extérieure (le meilleur moment se situe juste avant le lever du soleil).

- introduire les capteurs de température dans la gaine du groupe de capteurs voisin du point de

traversée du mur ou du toit, comme il est montré sur la Figure 6.1.

Température de gaine T_1 _____ °C

Température de gaine T_2 _____ °C

Température de gaine T_3 _____ °C

Température ambiante T_A _____ °C

Température intérieure T_B _____ °C

- porter sur le graphique donné à l'annexe A les températures mesurées et comparer les résultats avec les courbes montrées sur la Figure 6.2.

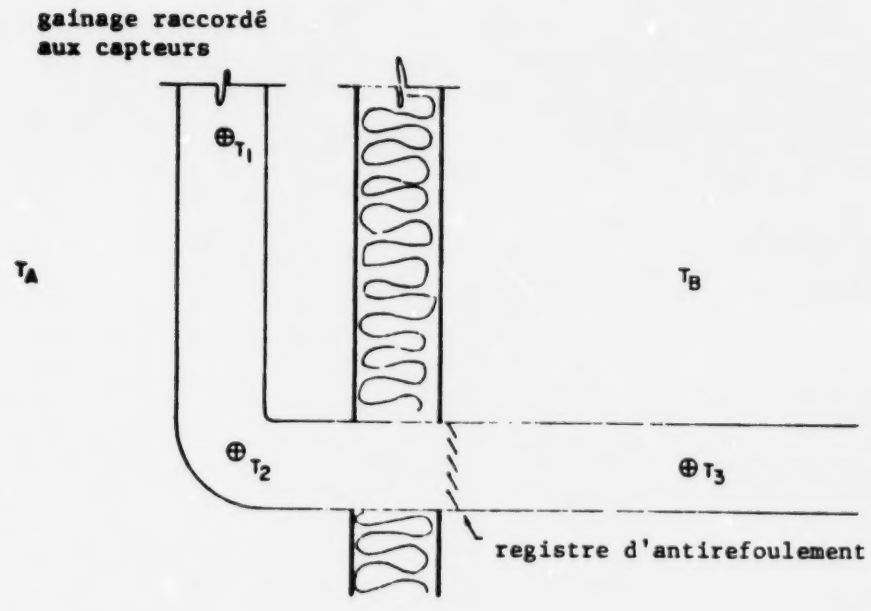


Figure 6.1 Emplacement des capteurs de température pour l'éxécution de l'essai de vérification du registre d'antirefoulement

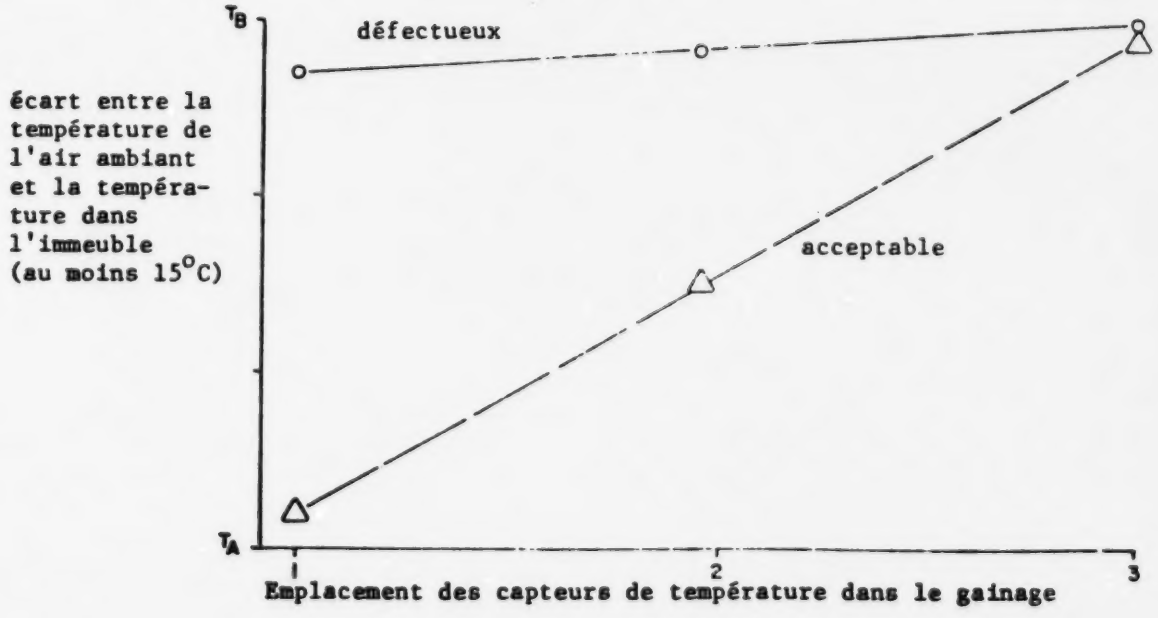


Figure 6.2 Graphique montrant les températures observées pour un registre d'antirefoulement défectueux et un registre fonctionnant de façon acceptable.

7.0 CONTRÔLE DU RENDEMENT THERMIQUE

L'essai préliminaire de contrôle du rendement thermique a pour but de vérifier le fonctionnement de l'ensemble du système solaire et de comparer les résultats avec le rendement théorique établi à partir du rendement des capteurs indiqué par le fabricant.

L'essai doit être exécuté par jour ensoleillé entre 11 h et 13 h. La température de stockage doit être bien en decà du maximum.

- Consigner les mesures suivantes :

$T_{C(sortie)}$	- température de sortie des capteurs	____^{o}C
$T_{C(entrée)}$	- température d'entrée des capteurs	____^{o}C
	(température de l'air ambiant extérieur)	____^{o}C
F_S	- débit du système	____L/min
I	- ensoleillement	____W/m^2

*L'ensoleillement doit être mesuré à l'aide d'un pyranomètre à main pendant la tenue de l'essai. Tenir le pyranomètre contre la surface du collecteur

pour rendre les mesures. Les stations météorologiques locales pourraient être en mesure de fournir les niveaux courants d'ensoleillement.

- calculer l'augmentation de température entre la sortie et l'entrée des capteurs :

$$T = T_{C(\text{sortie})} - T_{C(\text{entrée})} = \_\_\_\_\_ \ ^{o}C$$

- déterminer le gain de chaleur :

$$Q = \frac{F_S \times \rho \times T \times c_p}{60} = \_\_\_\_\_ \ W$$

- dans laquelle ρ est la masse volumique en kg/L,

(ρ de l'air à 20 ^{o}C est $1{,}204 \times 10^{-3}$ kg/L)

c_p est la chaleur spécifique en J/kg ^{o}C

(c_p de l'air est 1012 J/kg ^{o}C)

les dimensions de l'équation sont :

$$\frac{L}{min} \times \frac{kg}{L} \times \frac{min}{s} \times {}^{o}C \times \frac{J}{kg\ {}^{o}C} \times \frac{W}{J/s}$$

- déterminer le gain de chaleur par superficie unitaire des capteurs :

$$q = Q/A$$

$$= \_\_\_\_\_ W/m^2$$

- le rendement est alors :

$$\frac{q}{I} \times 100 = \_\_\_\_\_ \%$$

- déterminer le rendement revendiqué par le fabricant, pour les conditions données :

(a) Tous les capteurs ont des entrées d'air extérieur indépendantes :

$$\text{Point de fonctionnement} = \frac{T_{C(\text{entrée})} - T_A}{I}$$

(b) Les capteurs sont montés en série ou en série-parallèle:

$$\text{Point de fonctionnement} = \frac{T_{\text{référence}} - T_A}{I}$$

où :

$$T_{\text{référence}} = \left(\frac{(N - 1)}{2N} \right. (T_{C(\text{sortie})} - T_{C(\text{entrée})} + T_{C(\text{entré}}$$

où N = nombre de capteurs montés en série

- pour ce point de fonctionnement, déterminer le rendement à partir de la courbe de rendement fournie par le fabriquant.

Le rendement mesuré incluant les pertes du gainage, on peut s'attendre qu'il soit légèrement inférieur au rendement théorique des capteurs. Cependant, il devrait pas s'écarter de plus de 20 % de la valeur théorique.

ANNEXE A

1.0 Liste de contrôle pour la mise en service d'un système de préchauffage d'air

1.0 Inspection du système

- ☐ nombre et type des capteurs
- ☐ méthode d'installation des capteurs
- ☐ solidité des dispositifs de fixation
- ☐ solin
- ☐ joints d'isolation
- ☐ registres
- ☐ sens de l'écoulement du ventilateur
- ☐ supports du gainage
- ☐ épaisseur de l'isolant
- ☐ protection de l'isolant
- ☐ joints de la chemise de l'isolant
- ☐ capteurs
- ☐ câblage des capteurs
- ☐ protection des commandes
- ☐ câblage répondant aux codes
- ☐ emplacements des points de mesure

2.0 Essai du moteur et du ventilateur

☐ sens de la rotation

Intensité du courant du moteur du ventilateur ____ampères

Tension du moteur du ventilateur ____volts

3.0 Vérification du débit

Débit mesuré du système _____L/min

Débit théorique du système _____L/min

4.0 Équilibrage du système

Étape un

branche 1 2 3 4

Débit ou ΔT

avant réglage ___ ___ ___ ___ % écart _____

Débit ou ΔT

après réglage ___ ___ ___ ___ % écart _____

Étape deux

sous-branche 1 2 3 4 5 6 7 8

Débit ou ΔT

avant réglage ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ % écart _____

Débit ou ΔT

après réglage ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ _____

Étape trois

☐ Tous les capteurs OK

Étape quatre

branche 1 2 3 4

Débit ou ΔT
avant réglage ___ ___ ___ ___ % écart * ____

Débit ou ΔT
après réglage ___ ___ ___ ___ % écart * ____

Étape cinq

sous-branche 1 2 3 4 5 6 7 8

Débit ou ΔT
avant réglage ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ % écart * ____

Débit ou ΔT
après réglage ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ % écart * ____

(* % écart = $\frac{\text{mesure la plus élevée - mesure la moins élevée}}{\text{mesure la plus élevée}} \times 100$)

5.0 Vérification du circuit de régulation

☐ augmentation du point de consigne :

Température de consigne du régulateur ____ °C

Température de l'air ____ °C

☐ diminution du point de consigne :

Température de consigne du régulateur _____ °C

Température de l'air _____ °C

6.0 Vérification du registre d'antirefoulement

Température de gaine T_1 _____ °C

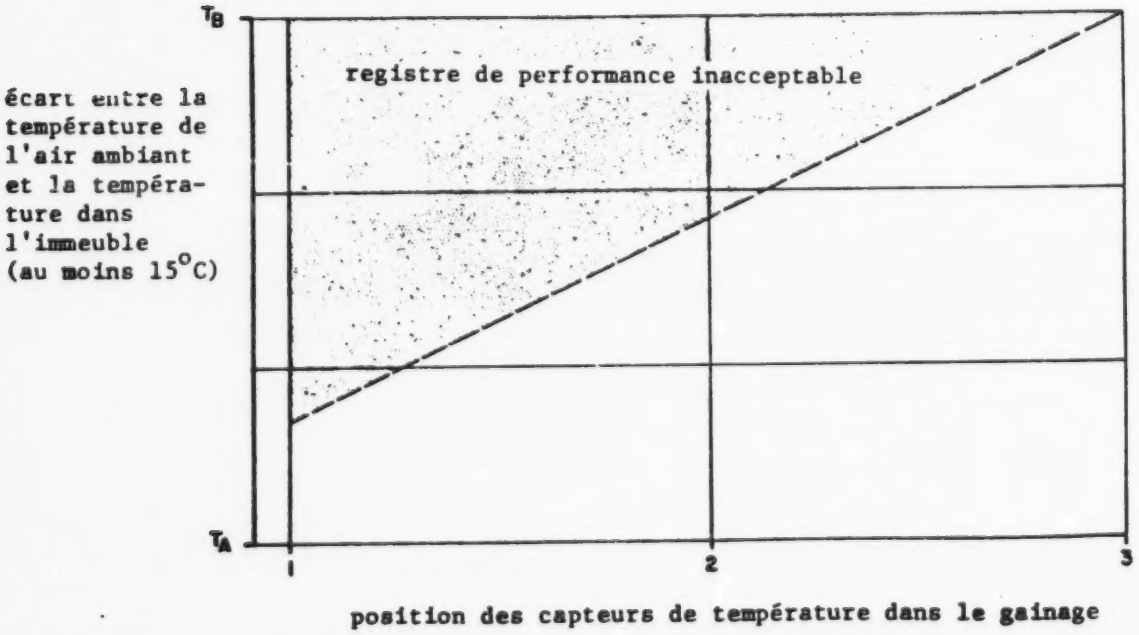
Température de gaine T_2 _____ °C

Température de gaine T_3 _____ °C

Température ambiante T_A _____ °C

Température intérieure T_B _____ °C

☐ Porter les mesures de température sur le graphique :


T_B
registre de performance inacceptable
écart entre la température de l'air ambiant et la température dans l'immeuble (au moins 15°C)
T_A
1
2
3
position des capteurs de température dans le gainage

7.0 Contrôle du rendement thermique

$T_{C(sortie)}$: température de sortie des capteurs ____ °C

$T_{C(entrée)}$: température d'entrée des capteurs (température de l'air ambiant extérieur) ____ °C

F_S : débit du système, ____ L/min

I : ensoleillement ____ W/m^2

T : $T_{C(sortie)} - T_{C(entrée)}$ ____ °C

Q : $\frac{F_S \times \rho \times T \times c_p}{60}$ ____ W

q : Q/A ____ W/m^2

rendement : q/I x 100 ____ %

rendement revendiqué par le fabricant : ____ %

ANNEXE B

Appareils et points de mesures nécessaires à l'exécution des essais de la mise en service.

Pour les mesures de température et de débit, introduire les capteurs de température dans le gainage par des orifices d'essai standard de diamètre d'un pouce.

Les orifices d'essai servant à introduire les capteurs doivent être pratiqués aux emplacements suivants :

- à l'entrée et à la sortie de chacun des ventilateurs,
- à l'entrée et à la sortie de chacun des dispositifs de stockage de la chaleur,
- à la sortie de chacune des batteries de capteurs.

Les appareils suivants sont nécessaires :

- un dispositif numérique permettant de mesurer avec précision la température, muni d'une sonde pouvant être introduite dans le gainage par un orifice d'essai standard de diamètre d'un pouce;

- un dispositif approprié permettant de mesurer les débits d'air dans le gainage qui peut être introduit par un orifice d'essai standard de diamètre d'un pouce.

Sont aussi nécessaires les renseignements du fabricant et du concepteur portant sur les éléments constituant le système. Ces renseignements sont notamment :

- la totalité des dessins et des spécifications de l'installation,

- les spécifications des capteurs ainsi que leurs courbes de rendement thermique,

- les courbes caractéristiques des ventilateurs.

ANNEXE C

Technique détaillée de détermination des débits dans le gainage.

La présente annexe expose en détail les techniques permettant de déterminer les débits dans les gaines.

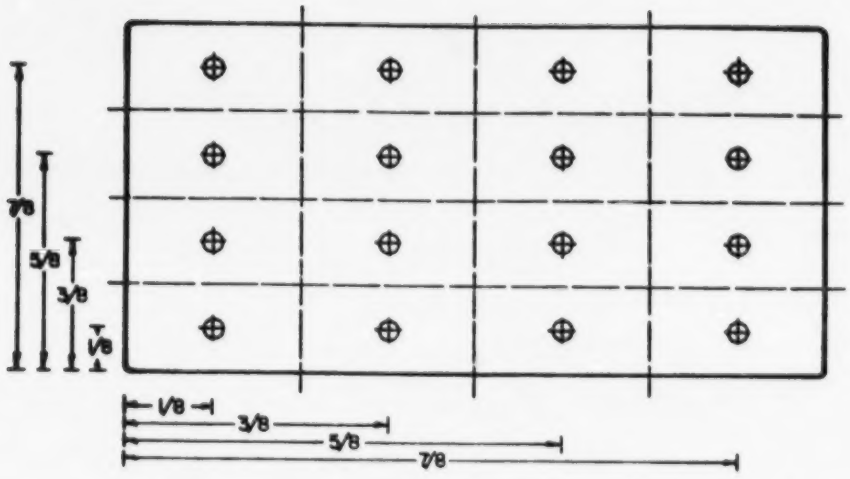
La vitesse de l'air circulant dans une gaine n'étant pas uniforme sur toute la section transversale de la gaine, il faut en conséquence prendre un certain nombre de mesures pour déterminer la vitesse moyenne de l'écoulement et par suite son débit. La technique servant à déterminer la vitesse moyenne de l'air circulant dans la gaine consiste à diviser l'aire de la section transversale de la gaine en un certain nombre de portions égales et à mesurer la vitesse de l'air pour chacune de ces portions. Le nombre de portions nécessaire dépend de la superficie de la section transversale de la gaine.

Pour l'obtention de résultats le plus précis posssble, les mesures doivent être prises à bonne distance en aval de toute source de perturbation, tel qu'un té ou un coude, cette distance étant au moins égale à huit fois la dimension maximale de la gaine.

La Figure C1 montre les points où est mesurée la vitesse de l'air dans des gaines de section rectangulaire et circulaire.

Les vitesses se mesurent mieux à l'aide d'un anémomètre à fil chaud ou d'un tube de pitot introduit dans la gaine par de petits orifices pratiqués sur le côté. Si la gaine n'est pas dotée d'orifices permanents, en pratiquer à l'aide d'une perceuse puis les reboucher à la fin de l'essai au moyen de ruban de gainage.

Le débit dans la gaine est égal au produit de la moyenne des vitesses mesurées par la superficie de la section transversale de la gaine.



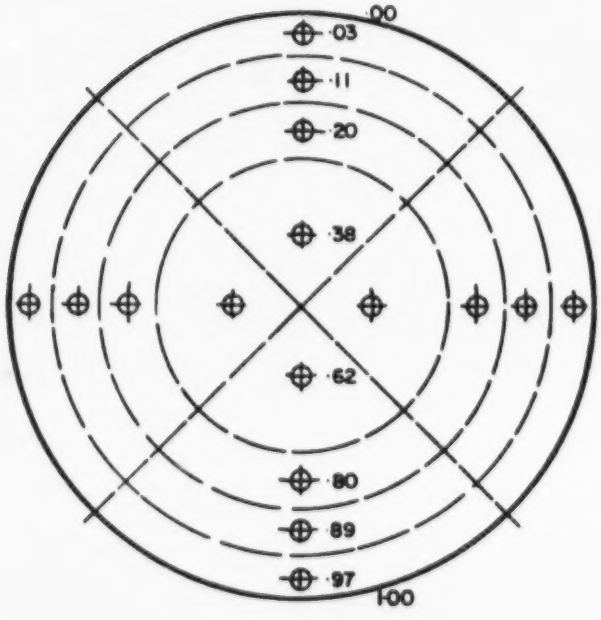


Figure C1 Points de mesure de la vitesse de l'air dans des gaines de section rectangulaire et circulaire.

ANNEXE D

Contrôle du rendement d'un système de préchauffage d'air

La méthode exposée dans la présente annexe permet de mesurer en continu le rendement d'un système solaire de préchauffage d'air. Son exécution exige l'emploi d'un matériel de contrôle courant conçu pour mesurer l'énergie contenue dans un liquide.

Les dispositifs de mesure d'énergie font appel à des capteurs de température et à un débitmètre. Le débitmètre produit habituellement une impulsion après le passage d'une certaine quantité de liquide, par exemple un litre, dix litres ou cent litres. L'intégrateur du dispositif de mesure d'énergie intègre l'écart de température entre les deux capteurs de température en fonction du débit et multiplie le tout par une constante pour déterminer le débit énergétique.

Dans les systèmes solaires de préchauffage d'air à débit constant dans tout le réseau des capteurs, on peut se servir d'un train d'impulsions artificielles lorsque le système est en marche. Dans ce cas, le générateur d'impulsions doit être mis en marche au même instant que le ventilateur.

Il y a lieu aussi de noter que pour se servir dans l'air d'un dispositif de mesure d'énergie conçu pour l'eau, il faut prévoir une fréquence d'impulsion différente en raison de l'écart

existant entre les masses volumiques et les chaleurs spécifiques de l'air et de l'eau.

Pour calculer la fréquence nécessaire des impulsions pour l'air, les valeurs suivantes sont utilisées :

Masse volumique de l'eau : 1 kg/L
Masse volumique de l'air : $1,2 \times 10^{-3}$ kg/L

Chaleur spécifique de l'eau : 4180 J/kg ^{o}C
Chaleur spécifique de l'air : 1012 J/kg ^{o}C

Établie à partir de ces valeurs, la fréquence des impulsions nécessaires pour l'air est :

La fréquence des impulsions pour l'eau divisée par 3426

Exemple

Soit :

Débit dans la gaine de 1000 L/s
Un intégrateur de chaleur Valmet 5EV-001-10

Pour cet intégrateur, la fréquence des impulsions serait d'une impulsion pour chaque litre d'eau passant dans le système.

Pour que le dispositif de mesure d'énergie produise des indications justes, pour un système à air, la fréquence des impulsions envoyées à l'intégrateur est d'une impulsion pour 3,426 litres d'air, soit encore une impulsions toutes les 3,43 secondes.